

MENU

SEARCH

INDEX



JAPANESE PATENT OFFICE

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number: 10098324

(43)Date of publication of application: 14.04.1998

(51)Int.Cl.

H01Q 3/26  
H01Q 1/28  
H01Q 3/38  
H01Q 3/40  
H01Q 21/06

(51)Application number: 09103379

(71)Applicant:

TRW INC

(52)Date of filing: 21.04.1997

(72)Inventor:

CHEN CHUN-HONG HARRY  
HO ANTONY  
MELNICK MARTIN

(30)Priority (08/636,366)

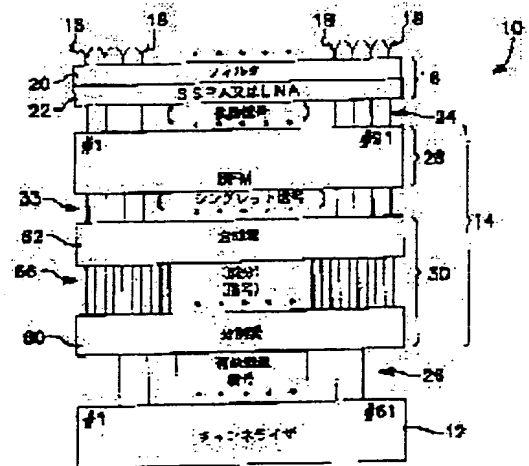
Priority number: 96 636366 Priority date: 23.04.1996 Priority country: US

(54) ANTENNA SYSTEM FOR CONTROLLING AND RE-DIRECTING COMMUNICATION BEAM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an antenna system which improves capacity and usability for communication satellites.

SOLUTION: An antenna system 10 is provided with a channelizer 12 for channelizing all communication between with the antenna system 10 through a communication satellite. This channelizer 12 interacts directly with a radial array 16, through a beam forming network(BFN) 14 to receive an incoming communication signal to transmits an outgoing communication signal. This direct radial array(DRA) 16 includes plural supply elements 18, arranged in a polygonal and or non-circular layout such as a square pattern, a rectangular pattern, a hexagonal pattern, polyheronal pattern, etc., and an adjacent supply element 18 is arrayed along triangular grid structure.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-98324

(43) 公開日 平成10年(1998) 4月14日

(51) IntCl <sup>a</sup>	識別記号	F I	
H 0 1 Q	3/26	H 0 1 Q	3/26 Z
	1/28		1/28
	3/38		3/38
	3/40		3/40
	21/06		21/06
審査請求 有 請求項の数20 O L (全 15 頁)			

(21) 出願番号	特願平9-103379	(71) 出願人	590002529 ティアルダブリュー インコーポレイテッド アメリカ合衆国 カリフォルニア州 90278 レドンド ビーチ スペース パーク 1
(22) 出願日	平成9年(1997) 4月21日	(72) 発明者	チュン ホン ハリー チェン アメリカ合衆国 カリフォルニア州 90503 トーランス ホワイト コート 4803
(31) 優先権主張番号	08/636366	(74) 代理人	弁理士 中村 稔 (外6名)
(32) 優先日	1996年4月23日		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

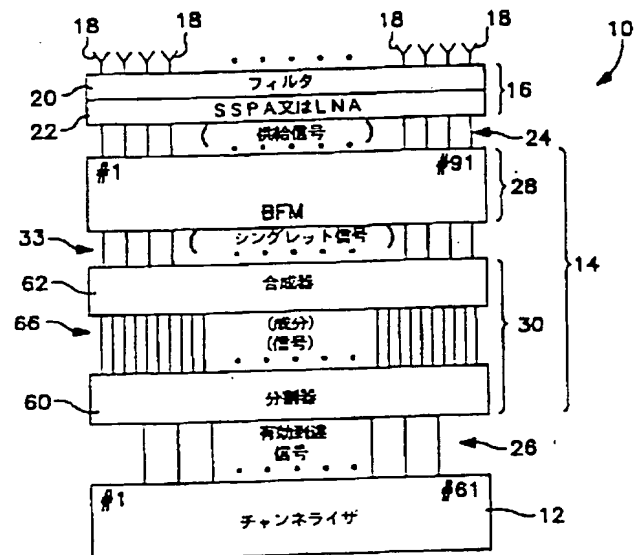
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 通信ビームを制御及び再指向するためのアンテナシステム

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 通信衛星用の容量及び利用性が改善されたアンテナシステムを提供する。

【解決手段】 アンテナシステム10は、通信衛星を介してアンテナシステム10とやり取りされる全ての通信をチャンネル化するためのチャンネルライザ12を備えている。このチャンネルライザ12は、ビーム形成ネットワーク (BFN) 14を経て直接放射アレー16と対話し、到来する通信信号を受信すると共に、出て行く通信信号を送信する。この直接放射アレー (DRA) 16は、方形パターン、長方形パターン、六角形パターン、多面体パターン等の多角形又は非円形レイアウトに配列された複数の供給素子18を含み、隣接する供給素子18は、三角形格子構造に沿って整列される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 通信衛星と、システムの有効到達エリア内に位置する地球ベースのユニットとの間で通信信号を受信又は送信するためのアンテナシステムであって、遠フィールド領域に上記有効到達エリアを形成する複数の有効到達ビームを画成するシステムにおいて、

遠フィールド領域の有効到達エリアにおいて円形レイアウトに配列された有効到達ビームを受信又は送信するように協働する複数の供給素子を含むアンテナアレーを備え、上記供給素子は、非円形レイアウトに配列されており、そして更に、複数のビームポート及び供給ポートを含むビーム形成ネットワークを備え、上記供給ポートは、上記有効到達ビームに関連した供給信号を搬送し、上記供給ポートは、上記供給信号を上記ビーム形成ネットワークと上記供給素子との間で搬送し、上記ビームポートは、有効到達信号を上記ビーム形成ネットワークと上記通信衛星との間で搬送し、上記有効到達信号の各々は、上記有効到達ビームの1つに独特に対応し、そして上記ビーム形成ネットワークは、上記非円形レイアウトに配列された上記供給素子が協働して、上記有効到達エリアに円形レイアウトで配列された有効到達ビームを受信又は送信するように、上記供給信号と上記有効到達信号との間の重み付けされたマッピング関係を定義することを特徴とするアンテナシステム。

【請求項2】 上記ビーム形成ネットワークは、上記有効到達信号を成分信号に分割し、そしてそれら成分信号をクラスターにグループ編成し、各クラスターは、少なくとも2つの有効到達信号からの成分信号を含み、上記ビーム形成ネットワークは、信号成分の各クラスターをそれに対応するシングレット信号へと形成し、上記ビーム形成ネットワークは、上記シングレット信号に基づいて上記供給信号を出力し、上記供給素子は、上記供給信号に基づいて上記供給ビームを送信する請求項1に記載のシステム。

【請求項3】 上記供給素子の非円形アレーは、上記円形レイアウトに配列された上記有効到達エリアから到来する有効到達ビームを受け取り、上記供給素子は、上記到来する有効到達ビームに対応する供給信号を出力し、更に、上記ビーム形成ネットワークは、上記供給信号を上記成分信号に変換し、そして所定の成分信号を所定の重み付けされたマッピング構成に基づいて合成して、上記有効到達ビームの1つに各々対応する上記有効到達信号を形成する請求項1に記載のシステム。

【請求項4】 上記ビーム形成ネットワークは、上記有効到達信号をシングレット信号に変換するためのビーム接続ネットワークを備え、各シングレットビーム信号は、所定数の有効到達信号からの成分を含み、上記ビーム形成ネットワークは、上記有効到達ビームを上記有効到達エリアにおける上記円形レイアウトに再指向するように上記成分の振幅を変更し、上記ビーム形成ネットワ

ークは、上記シングレット信号を上記供給信号に変換する請求項1に記載のシステム。

【請求項5】 上記有効到達信号及びそれに関連した有効到達ビームは独特の周波数を有し、上記ビーム形成ネットワークは、各々の有効到達信号を、所定の共通の周波数及び異なる振幅を有する多数の信号成分に分割するためのビーム接続ネットワークを備え、上記所定の振幅は、上記非円形レイアウトに配列された上記供給素子を、上記有効到達ビームを上記円形レイアウトで送信するように協働させるよう設定される請求項1に記載のシステム。

【請求項6】 上記ビーム形成ネットワークは、上記有効到達信号のサブ信号成分を互いに位相シフトさせるためのビーム形成マトリクスを備えている請求項1に記載のシステム。

【請求項7】 上記ビーム形成ネットワークは、ビーム形成マトリクス及びビーム接続ネットワークを含み、このビーム接続ネットワークは、上記有効到達信号を異なる振幅の重み付けされた成分信号に分割し、そしてその成分信号のサブセットを収集してそこからシングレット信号を発生し、そして上記ビーム形成マトリクスは、上記シングレット信号を上記供給信号に変換する請求項1に記載のシステム。

【請求項8】 上記供給素子は、シングレットビームを画成するように協働する供給ビームを画成し、各シングレットビームは、多数の有効到達ビームの成分を含み、上記供給素子は、上記シングレットビームを非円形レイアウトに画成し、単一の有効到達ビームからの成分を有するシングレットビームは、シングレットクラスターにおいて互いに隣接してクラスター化され、そしてそれに対応する有効到達ビームを画成するように相互作用し、上記対応する有効到達ビームはその中心が上記シングレットクラスターの中心からシフトされている請求項1に記載のシステム。

【請求項9】 上記供給素子は、六角形レイアウトで配列され、各供給素子は供給ビームを画成し、上記供給ビームは、六角形レイアウトに配列されたシングレットビームを画成するように協働し、上記シングレットビームは、上記有効到達ビームを円形レイアウトで画成するように協働する請求項1に記載のシステム。

【請求項10】 上記ビーム形成ネットワークは、各有効到達信号を、振幅及び位相の少なくとも1つが互いに異なる多数の成分信号に分割することにより上記重み付けされたマッピング関係を定義する請求項1に記載のシステム。

【請求項11】 通信衛星により受信されるか又は通信衛星から送信された複数の有効到達ビームを画成及び再放射する方法であって、上記有効到達ビームは遠フィールド領域の有効到達エリアにおいて円形レイアウトで配列され、上記方法は、

複数の有効到達信号と、円形レイアウトに配列された独特の対応する複数の有効到達ビームとの間の1対1の関係を定義し、

非円形レイアウトで配列された複数の供給素子を有するアンテナアレーへ又はそのアンテナアレーから供給信号を搬送し、上記供給素子は、上記円形レイアウトで配列された上記複数の有効到達ビームに関連して動作し、上記供給信号と複数の成分信号との間のマッピング関係を定義し、上記成分信号は、クラスターに配列され、各クラスターは、独特の有効到達信号に対応し、

成分信号の各クラスターと、それに対応する独特の有効到達信号との間のマッピング関係を定義し、そしてクラスターにおける上記成分信号の振幅及び位相の少なくとも1つを互いに非均一に設定して、上記有効到達ビームを上記有効到達エリアにおいて上記円形レイアウトに整列する、という段階を備えたことを特徴とする方法。

【請求項12】 上記有効到達信号を上記成分信号に分割し、そしてこれら成分信号をクラスターにグループ編成して、シングレット信号を形成し、これらシングレット信号の各々は、少なくとも2つの有効到達信号からの成分信号を含み、そして上記シングレット信号に基づいて上記供給信号を出力する、という段階を更に備えた請求項11に記載の方法。

【請求項13】 上記円形レイアウトで配列された上記有効到達エリアから第1の到来する有効到達ビームを受け取り、

上記第1の到来する有効到達信号に対応する供給信号を出力し、

上記供給信号を第1のクラスター成分信号に変換し、そして上記成分信号の第1のクラスターを所定の重み付けされたマッピング構成に基づいて合成して、それに対応する独特の第1の出て行く有効到達信号を形成し、この第1の出て行く有効到達信号は、上記第1の到来する有効到達ビームに対応する、という段階を更に備えた請求項11に記載の方法。

【請求項14】 第1の到来する有効到達信号を第1組のシングレット信号に変換し、上記第1組の各シングレット信号は、上記第1の到来する有効到達信号からの少なくとも1つの成分信号を含み、

少なくとも1つの上記成分信号の振幅を残りの成分信号の振幅より大きくセットし、そして上記シングレット信号を上記供給信号に変換する、という段階を更に備えた請求項11に記載の方法。

【請求項15】 各々の有効到達信号及びそれに関連した有効到達ビームに独特の周波数を指定し、

各々の有効到達信号を、所定の共通の周波数及び所定の異なる振幅を有する多数の成分信号に分割し、そして上記所定の異なる振幅を、上記非円形レイアウトに配列された上記供給素子を協働させて上記有効到達ビームを上記円形レイアウトで送信するように設定するという段階

を更に備えた請求項11に記載の方法。

【請求項16】 上記有効到達信号のサブ信号を互いに位相シフトして出力する段階を更に備えた請求項11に記載の方法。

【請求項17】 上記有効到達信号を異なる振幅の重み付けされた成分信号に分割し、

上記成分信号のサブセットを収集して、そこからシングレット信号を発生し、そして上記シングレット信号を上記供給信号に変換する、という段階を更に備えた請求項11に記載の方法。

【請求項18】 シングレットビームを画成するように協働する供給ビームを画成する段階を更に備え、各シングレットビームは、多数の有効到達ビームの成分を含み、上記シングレットビームは、非円形レイアウトで画成され、単一の有効到達ビームからの成分を有するシングレットビームがシングレットクラスターにおいて互いに隣接してクラスター化され、上記シングレットクラスター内のシングレットビームは、それに対応する有効到達ビームを画成するように相互作用し、上記対応する有効到達ビームは、その中心が上記シングレットクラスターの中心から再指向されている請求項11に記載の方法。

【請求項19】 上記供給素子を六角形レイアウトに配列する段階を更に備え、各供給素子は供給ビームを画成し、この供給ビームは、六角形レイアウトで配列されたシングレットビームを画成するように協働し、このシングレットビームは、上記有効到達ビームを円形レイアウトで画成するように協働する請求項11に記載の方法。

【請求項20】 上記設定段階は、各クラスターにおける上記成分信号の振幅及び位相を互いに非均一に設定することを含む請求項11に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、一般に、通信衛星に係り、より詳細には、通信ビームを再指向して所望の合成ビームパターンを発生するように放射アレーを制御するためのシステムに係る。

【0002】

【従来の技術】一般に、通信衛星は、高周波(RF)信号を介して遠隔装置と通信する。遠隔装置は、移動及び固定のセルラー電話ステーション等を含む。衛星に取り付けられたアンテナにより高周波(RF)信号が受信及び送信される。衛星に搭載された送信器は、所定の方角に向いたビームの形態の出て行くRF信号を発生するようにアンテナを駆動する。又、衛星に搭載された受信器は、アンテナにより感知される到来信号を受け入れる。以下、処理されるRF信号を「通信ビーム」又は「有効到達(カバレッジ)ビーム」と称する。

【0003】これまで、1993年、マグローヒル社から出版されたりチャード、C. ジョンソン著の「アンテ

ナエンジニアリングハンドブック、第3版」と題する文献の第34-36章に説明されたように、多数の従来型アンテナシステムが提案されている。この文献は、参考としてここに援用する。

【0004】これら従来のアンテナシステムは、図1に示すように、直接放射アレーのアンテナシステムを含む。図1は、一般的な二次元直接放射アンテナ(DRA)900を示す。このアレー900は、リード910-917に各々接続された8つの放射素子即ち供給素子901-908を備えている。リード910-917は、一般的に破線で示されたビーム形成ネットワーク920の出力供給ポートを表している。ビーム形成ネットワーク920は、ビーム入力ポート922を経て到来信号を受け取り、この到来信号の成分をリード910-917間で分割し、分配する。これらの成分信号は、供給素子901-908を駆動し、それに基づいてエレメントビームが発生される。ビーム形成ネットワーク(BFN)920は、リード910-917に関連した位相コントローラ924-931を含み、これらコントローラは、これを通過する信号に位相シフト即ち時間遅延を誘起する。位相コントローラ924-931は、放射素子901-907からの合成ビーム出力を所望の方向に指向するように協働する。

【0005】説明上、各供給素子901-907は、出て行くエレメントビームを表すダッシュ信号を出力するものとして説明する。位相コントローラ924-931は、入力信号の成分が遅延形態で出力されて波頭932を形成するように位相シフトを誘起する。これら成分から形成される合成有効到達ビームは、波頭932に対して直角な方向に放射される。

【0006】図1の例は、二次元アレー(図2)へ拡張することができ、この場合に、直接放射アレー950は、x軸968及びy軸970に沿って行及び列に配置された複数の放射素子即ち供給素子951-966を備えている。図2において、各列は、位相コントローラ971-974の1つに接続される。全ての列は、単一のビームポート976によって駆動される。ビーム形成マトリクス975の位相コントローラ971-974は、 $\phi$ 、 $2\phi$ 、 $3\phi$ 及び $4\phi$ の位相シフトを各々誘起する。従って、放射素子951-954は到来信号を $\phi$ °位相シフトさせて出力する。放射素子951-954は、それらの間に位相シフトを含まず、従って、信号を同時に出力する。同様に、放射素子955-958は、ビームポート976からの到来信号を $2\phi$ °位相シフトさせて出力する。素子959-962は、到来信号に $3\phi$ °の位相シフトを導入し、一方、素子963-966は、 $4\phi$ °の位相シフトを導入する。従って、合成ビームは、放射素子951-966により形成された平面に関してx軸に対してある角度で放射される。

【0007】又、位相コントローラは、合成ビームをy

軸970に対してある角度で再指向するように各列内の放射素子間に導入されてもよい。従って、各放射素子間に所望の位相シフトを導入することにより、合成ビームをx軸968及びy軸970に対して再指向することができる。

【0008】図3は、ビーム入力ポート982及び983に複数の入力ビーム信号が付与されるアンテナアレー980を示している。入力ポート982及び983は、別々のビーム形成ネットワーク984及び985を駆動する。2つの信号ビームBFN984及び985は、2ビームBFN987を形成する。ビーム入力ポート982及び983は、多数の位相コントローラ986を経て単一ビームBFN984及び985内で相互接続される。従って、各ビーム入力ポート982へ送られる信号は、位相コントローラ986の個別の独特の組合せを通過し、そして放射素子988から別々に放射される。ビームポート#1及び#2は、波頭989及び990に対して各々直角の第1及び第2ビームを発生する信号を供給する。

【0009】BFN987は、2本以上のビームを形成するために2つ以上の単一のBFN984及び985を備えている。非常に多数のビームがあるときには、交差信号経路の数を減少するために、多ビームBFN987は、マトリクス回路(バトラーマトリクス、プラスマトリクス及びロトマンレンズのような)の形態でしばしば実施される。これらのマトリクス回路は、上記のリチャード、C. ジョンソン著の「アンテナエンジニアリングハンドブック、第3版」と題する文献のような多数のアンテナテキストブックに説明されている。図1及び3

30 は、送信直接放射アレー(DRA)を示している。受信DRAにおいては、ソリッドステート電力増幅器(SSPA)が2つのノイズ増幅器(LNA)と置き換えられる。

【0010】図4は、複数のマトリクス回路で二次元アレーとして構成された多ビームBFNを示している。ビーム形成ネットワーク800は、x軸マトリクス802及びy軸マトリクス804を備えている。これらx軸及びy軸マトリクス802及び804の各々は、互いに平行に整列された11個の同一のマトリクス回路806

40 (単一ビームBFN984及び985のような)で形成される。各マトリクス回路806は、その長さに沿って配置された11個のビームポート808を含む。各マトリクス回路807は、その長さに沿って配置された11個の供給ポート810を含む。従って、11個のマトリクス回路806は、121のビームポート808を形成するように協働する。同様に、マトリクス回路807は、121の供給ポート810を形成するように協働する。従来のアンテナシステムにおいては、供給ポート810は、方形アンテナアレーの121個の放射素子に1対1のベースで接続される。マトリクス回路806及び

807は、複数の位相コントローラを経て従来の仕方（そして上記参照文献に説明されたように）相互接続される。従って、ビームポート808に付与される信号は分割され、そして121個の全ての供給ポート810から出力される。更に、各ビームポート信号は、供給ポート810から出力される前に、複数の位相コントローラに通され、そして121個の供給ポートから時間遅延状態で放射され、図1、2及び3について述べたようにビーム再指向される。ビームポートに送られる各信号は、供給ポート810の出力間に所定の時間遅延を得るよう

に個別のそして独特の位相シフトを受ける。  
【0011】図5は、121個のビームポートの従来の方形マトリクスを示し、一方、図6は、121個の放射素子を有する方形アンテナアレーによって遠フィールド領域（例えば、地表面）の有効到達領域に形成される合成ビームの従来の方形マトリクスを示している。対応するビームポート及びそれにより生じるビームは、同じ番号が付けられている。信号がビームポート#1に付与されると、この信号は、121個の成分に分離されそして121個の供給ポート810（図4）間に供給信号として分布される。従って、これら供給信号は、121個の全ての放射素子即ち供給素子を駆動する。ビームポート#1を励起する信号に対応する供給信号成分は、121個の放射素子により放射されるエレメントビームが協働して、ビーム位置#1（図6）に複合ビームを形成するように互いに位相シフトされる。同様に、ビームポート#18を励起する信号は、121個の成分供給信号に分割され、そして121個の全ての供給ポート（図4）に出力される。これらの供給信号は、合成有効到達ビームレイアウトでビーム位置#18に合成ビームを形成するよう協働する供給ビームを発生するように互いに位相シフトされる。

#### 【0012】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来のアンテナシステムは、その有効性が限定される。図7に示すように、合成有効到達ビーム820は、方形レイアウトで形成されたときには、それらの間に実質的なギャップ822を残す。これらのギャップ822は、一般的に「ホール」と称され、RF信号を検出できない有効到達領域の空所を表す。従って、長方形のビームレイアウトは、望ましくない。

【0013】上記欠点を克服するために、従来のアンテナアレーは、放射素子を三角形格子に配列して同様の構成で有効到達ビーム824を形成するものが提案されている（図8）。三角形格子は、有効到達ビーム824間のホール即ちギャップ826のサイズを実質的に減少する。三角形格子を形成するために、放射素子及び有効到達ビームは、図9のように、即ち六角形のレイアウトで配列される。六角形の有効到達ビームレイアウト828（図9）を形成するアンテナアレーも、その有効性に限

度がある。図9に示されたように、有効到達ビーム830は、平行な軸832に沿った行に整列される。

【0014】しかしながら、直線的な有効到達パターンは、最適なものではない。一般に、衛星通信においては、有効到達ビームが、球面に入射する有効到達領域を遠フィールド領域（例えば、地表面）に形成するように合成される。通常、有効到達領域は、特に、衛星が地球から見て水平線付近に位置する場合に（即ち、有効到達ビームが地表面に対して低い仰角を形成するとき）、衛星に対して鋭角に変位される。有効到達ビームが地表面に対して鋭角を形成するときは、有効到達領域内の地球の輪郭が弧状になる。実際に、地球上のほとんどのカバー域は、少なくともその片側に沿って（弧の破線834で示すように）円形の輪郭を示す。図9から明らかなように、輪郭線834は、有効到達ビーム836及び838の中心を通過している。しかしながら、輪郭線834は、有効到達ビーム840、842及び844の縁も通過している。従って、有効到達ビーム840-844は、輪郭線834付近の領域においては地球に配置された装置と送信及び受信することが困難となる。

【0015】原理的には、輪郭線834付近の領域における利得は、輪郭線834がビーム840、842及び844の中心部分を通過するようにビームを更に分散させる（即ち、ビームとビームの間隔を広げる）ことにより改善できる。しかし、ビームとビームの間隔を広げられる程度には限界がある。

【0016】特に、国際テレコミュニケーションズ・ユニオン（ITU）は、衛星から放射される送信ビームの電力束密度に対して限界を規定している。このような限界は、衛星アンテナアレーと地上システムとの間の干渉を回避するために必要とされる。低い仰角（輪郭線834の外側の領域に対応する）においてITUにより公布された限界は、ビームが著しく分散するのを制約する。輪郭線834がビーム840-844の中心部分を通過するときには、ビーム836及び838によりカバーされる領域であって輪郭線834の外側にある領域は、相当地に大きな利得を有し、ITU限界を超えてしまう。ビーム分散についての他の悪影響は、

（1）ビーム巾が不変に保たれた場合にホール826がより深くなり、又は（2）ビーム巾を変更した場合には全利得が低くなることである。いずれの場合も、通信システムの全性能を低下するので、望ましくない。

【0017】上記の問題により、従来のアンテナシステムは、その容量及び利用性に限度がある。容量及び利用性とは、衛星と通信する地上ユーザの数を指す。

【0018】以上のことから、この業界では、改良されたアンテナが要望されている。本発明の目的は、この要望を満たすことである。

#### 【0019】

【課題を解決するための手段】本発明の主たる目的は、

通信衛星に関連して使用するための容量及び利用性の改善されたアンテナシステムを提供することである。

【0020】本発明の別の目的は、有効到達領域の輪郭を正確にたどる有効到達ビームレイアウトを形成するアンテナシステムを提供することである。

【0021】本発明の更に別の目的は、通信ビーム間の不必要なホール又はギャップを回避する改良されたアンテナシステムを提供することである。

【0022】本発明の更に別の目的は、非円形アンテナアレー及びビーム形成マトリクスを有するが、円形ビームレイアウトを形成するアンテナシステムを提供することである。

【0023】本発明の更に別の目的は、ビーム形成ネットワーク内の相互接続リードの本数を減少するアンテナシステムを提供することである。

【0024】本発明の更に別の目的は、ブルイン及びプッシュアウトのビーム再指向構成により円形ビームパターンを形成することのできるアンテナシステムを提供することである。

【0025】本発明のこれら及び他の目的は、直接放射アレー等のためのアンテナシステムによって達成される。このアンテナシステムは、六角形又は方形レイアウトのような非円形レイアウトに形成された放射素子のアレーと、上部レベルのビーム形成マトリクス及び下部のビーム接続ネットワークを有するビーム形成ネットワークとを備えている。ビーム接続ネットワークは、遠フィールド領域に形成される同様の周波数の個別の有効到達ビームに各々対応する独特の周波数を有する有効到達信号を受信する。ビーム接続ネットワークは、各々の有効到達信号を、重み付け構成に基づき異なる振幅及び位相の多数の成分信号に分割する。ビーム接続ネットワークは、異なる有効到達信号から成分信号を収集し、そして成分信号の各集合体である「シングレット（一重項）」信号を出力する。このシングレット信号は、ビーム形成マトリクスに送られる。ビーム形成マトリクスは、各シングレット信号からのサブ信号を各々含む三角形構成の供給信号を発生する。ビーム接続ネットワークは、結果的に得られる対応する有効到達ビームを再指向するために各成分信号を互いに調整する重み付け係数を含む。有効到達ビームを再指向することにより三角形離間格子に配列された供給ビームは、円形離間の合成有効到達ビームレイアウトを形成するように合成される。好ましい実施形態では、61個の円形離間ビームを発生するために、ビーム形成マトリクスは、入力及び出力ポートの11×11マトリクスを含む。入力及び出力ポートの六角形サブセクションが使用される。入力及び出力ポートの数は、遠フィールド領域において十分な直径の円形合成有効到達ビームレイアウトを達成するに必要な最小値に制限される。円形離間有効到達ビームレイアウトは、有効到達領域の中心の周りの同心円に沿った円形パターン

で合成有効到達ビームを整列するの必要な量だけ内方又は外方に合成有効到達ビームをシフトするように、成分信号のクラスターを組合せそしてその振幅及び位相を重み付けすることにより形成される。

【0026】シングレットビーム信号は、所望の弧状路の中心に合わせるまで有効到達ビームを外方にシフトするよう「プッシュアウト」構成に基づいて重み付けされる。或いは又、重み付け構成は、有効到達ビームを内方にシフトするように、「ブルイン」構成に基づいて制御されてもよい。

【0027】

【発明の実施の形態】好ましい実施形態は、送信器として動作するアンテナシステムに関連して説明する。しかしながら、本発明のシステムは、受信器として動作するアンテナシステムにも等しく適用できることを理解されたい。

【0028】図15は、参照番号10で一般的に示された本発明によるアンテナシステムを示している。このアンテナシステム10は、通信衛星を介してアンテナシステム10とやり取りされる全ての通信をチャンネル化するためのチャンネルライザ12を備えている。このチャンネルライザ12は、ビーム形成ネットワーク(BFN)14を経て直接放射アレー16と対話し、到来する通信信号を受信すると共に、出て行く通信信号を送信する。この直接放射アレー(DRA)16は、方形パターン、長方形パターン、六角形パターン、多面体パターン等の多角形又は非円形レイアウトに配列された複数の供給素子18を含み、隣接する供給素子18は、三角形格子構造に沿って整列される。説明上、供給素子18は、六角形パターン(図12)に配列される。

【0029】以下に述べるように、送信モードにおいては、BFN14は、まず、有効到達(カバレッジ)信号を成分信号に変換し、次いで、その成分信号をシングレット信号に変換することにより、有効到達信号と供給信号との間に重み付けマップ関係を定義する。シングレット信号は、次いで、供給信号に変換される。受信モードにおいては、供給信号がシングレット信号に変換され、これらが成分信号に変換されそして有効到達信号に変換される。

【0030】供給素子18は、これら供給素子18から受け取られ及びこれら供給素子18へ送られる信号をフィルタするフィルタ20に相互接続される。次いで、フィルタ20は、増幅器22に接続される。増幅器22は、直接放射アレー16が通信信号を受信するのに使用されるときには低ノイズ増幅器(LNA)を表す。増幅器22は、直接放射アレー(DRA)16が送信器として使用されるときにはソリッドステート電力増幅器(SSPA)を表す。供給素子18の数は、変えることができる。

【0031】増幅器22は、供給ポート24を経てビー

ム形成ネットワーク(BFN)14に相互接続される。各供給素子18には独特の供給ポート24が指定される。送信モードのときには、供給ポート24が供給信号をそれに対応する供給素子に与える。同様に、受信モードのときには、供給ポート24が供給信号をそれに対応する供給素子18から受け取る。

【0032】送信モードのときには、各供給素子18は、対応する励起供給信号に基づいて対応する独特の供給ビームを放射する。受信モードのときには、各供給素子18が、受け取った供給ビームに基づいて供給信号を発生する。送信又は受信モードにおいて、供給ビームはシングレットビームを形成するように協働し、シングレットビームは有効到達ビームを形成するように合成され、そして有効到達ビームは、移動セルラー電話ステーション、固定電話ステーション等の地上ユニットに対し通信RF信号を中継する。以下に述べるように、供給素子18により発生又は受信される各供給ビームは、互いに異なる周波数、振幅及び位相を有する多数のビーム成分を備えている。本発明によれば、これらビーム成分は、遠フィールド領域(以下に詳細に述べる)の有効到達エリアにおいて円形レイアウト(図18及び20)に配列される異なる周波数の有効到達ビームを形成するように協働する。本発明のシステムは、多角形レイアウトに配列されそして三角形格子構造に沿って整列された供給素子18を有するDRA16が円形の有効到達ビームパターンを形成できるように、ビーム成分の振幅及び位相を制御する。

【0033】図18及び20は、各々100及び102で一般的に示された結果として得られる有効到達ビーム領域を示している。これらの有効到達領域100及び102は円形である。有効到達領域100は、本発明による「プッシュアウト」ビーム再指向即ち重み付け構成から生じたものであり、一方、有効到達領域102は、「プルイン」ビーム再指向即ち重み付け構成から生じたものである。有効到達領域100及び102は、各々同心円80、82、84及び86と、110、112、114及び116とに沿って各々その中心に合わされた複数の有効到達ビーム104及び106を含む。

【0034】有効到達領域100及び102は、地表面の領域(アンテナシステムからの「遠フィールド領域」とも称する)に入射する。

【0035】図15を参照すれば、ビーム形成ネットワーク(BFN)14は、更に、異なる周波数の複合即ち有効到達信号をチャネルライザ12とやり取りする複数のビームポート26を備えている。チャネルライザ12とBFN14との間でビームポート26により搬送される有効到達信号は、それに対応する周波数の同じ番号の有効到達ビーム104及び106(図18及び20に示す)に独特に対応している。従って、送信モード中に、コントローラ12がビームポート#1に有効到達信号を

発生するときに、BFN14及びDRA16は、以下に述べるように、遠フィールド領域の有効到達領域100又は102においてビーム#1と示された位置に有効到達ビーム104又は106を形成するように協働する。図15の例では、システムは、61個のビームポート26を使用する。従って、BFN14及びDRA16は、図18及び20に示すように構成された遠フィールド領域に61本の有効到達ビームを形成するように協働する。しかしながら、いかなる数の有効到達ビーム及びビームポートを使用してもよい。

【0036】次いで、図10及び11-14を説明する。図12は、91個の供給素子18に対するDRA16のレイアウトを示している。説明上、供給素子18は、参照番号1-91で示されている。供給素子18は、三角形格子に沿って六角形レイアウトで配置されている。供給素子18は、送信全体にわたり実質的に六角形パターンを維持する隣接供給ビームを遠フィールド領域に放射する。これら供給ビームは、遠フィールド領域(例えば、地表面)に供給ビームレイアウトを形成する。

【0037】図10を参照すれば、BFN14は、ビーム形成マトリクス(BFM)28とビーム接続ネットワーク(BCN)30とを備えている。BFM28は、バトラーマトリクス、プラスマトリクス及びロトマンレンズ等の複数の従来型マトリクスより成る。これらのバトラー、プラス及びロトマンレンズマトリクスは、この業界で知られており、そして参考としてここに取り上げる1993年、マグローヒル社から出版されたリチャード、C. ジョンソン著の「アンテナエンジニアリングハンドブック、第3版」と題する文献に説明されている。プラスマトリクスは、上記文献の第20-58章に説明されている。バトラーマトリクスは、上記文献の第9-10章及び第20-59章に説明されている。ロトマンレンズは、上記文献の第16-17章に説明されている。BFM28は、複数の入力及び出力リード38及び39を各々有するx及びyマトリクス34及び36を備えている。図10の例において、x及びyマトリクス34及び36は、11行、11列のリードを含み、従って、121本の入力及び出力リードを与える。出力リード39は、供給素子18に接続された供給ポート24を表す。入力リード38は、以下に詳細に述べる「シングレット」信号により励起されるシングレットリード33を表すリードのサブセットを含む。

【0038】入力信号が入力リード38に付与されたときには、この信号が多数のサブ信号に分離され、その各々は、対応する出力リード39、ひいては、対応する供給ポート24に付与される。更に、BFMのx及びyマトリクス34及び36は、各々の供給ポート24に付与されるサブ信号間に位相シフト(例えば、時間遅延)を誘起するように協働する。これら位相シフトは、マトリ



クス回路によって定められる。従って、入力信号が入力リード38の1つに付与されたときには、この入力信号がサブ信号に分割され、そして供給ポート24間に分布される。これらサブ信号は、結果として得られる供給ビームが遠フィールド領域の有効到達エリア内の所望の位置にシングレット有効到達ビーム19(図14)を定めるように協働するよう互いに位相シフトされる。

【0039】図11は、DRA16に接続されたBFM28からの出力リードレイアウトを示す。BFM28は、121本の出力リード39を与えるが、本発明によれば、91本の出力リード39しか使用されない。これら91本のリード39は、サブセットを表し、#1-#91で示される。このサブセットの対応リード39及び供給素子は、図11及び12において同様に示されている。例えば、リード#1は、供給素子#1に取り付けられる。同様に、リード#41は、供給素子#41を励起する。各供給素子18は、同様に番号付けされたリード39(図11)から受け取られる励起供給信号に対応する供給ビームを発生する。

【0040】図13を参照すれば、本発明に関連して使用されるシングレットリード33のためのレイアウトが示されている。BFM28は、121本の入力リード38を与えるが、本発明のシステムは、そのサブセットのみをシングレットリード33として使用して、所望の六角形DRA16を駆動する。図13に示したように、91本のシングレットリード33がBFM28の中心を横切って対角方向に延びる。各シングレットリード33に付与されるシングレット信号は、全ての出力リード39間に分配される。

【0041】図14は、DRA16により遠フィールド領域に形成されたシングレットビームレイアウト50を示している。このレイアウトは、複数のシングレットビーム52を含む。シングレットビーム52は、図13に示されたシングレットリード33に付与されるシングレット信号に基づいて発生される。各シングレットリード38(図13)及びそれに対応するシングレットビーム52(図14)には、同じ参照番号が指定されている。例えば、シングレットリード#1(図13の行2、列6)に発生される信号は、シングレットビーム#1(図14のレイアウトの右下の角に位置した)を発生する。同様に、シングレットリード#77-#82(図13の行11、列1-6)に発生される入力信号は、合成シングレットビーム#77-#88(図14のレイアウトの最も上の行)を発生する。図13及び14に示したシングレットリード38とシングレットビーム52との間の相関関係は、入力リード38の各「シングレット」信号に対し出力リード39における91個の供給信号の位相分布により決定される。各「シングレット」信号に対する出力リード39における91個の供給信号の位相分布は、91本の全出力リード39への各「シングレット」

信号の送信経路をトレースしそしてその経路に沿ってX及びYマトリクスに定められた挿入位相を加算することにより決定される。

【0042】図10に戻ると、BCN30は、平行な平面内に整列された分割層60及び合成層62を備えている。分割層60は、入力リード32に対応するビームポート26を経てビームポート26を経てチャネルライザ12から有効到達ビーム信号を受け取る。合成層62は、シングレットリード38に直結された出力リード33に「シングレット」信号を発生する。以下に説明するように、各シングレット信号は、多数の有効到達ビーム信号の成分を含む。BCN30の詳細は、参考としてここに取り上げる1996年4月8日出願の「多ビーム供給の共用アンテナシステムのビーム形成ネットワーク(Beam Forming Network for Multiple BeamFeed Sharing Antenna System)」と題する米国特許出願に詳細に示されている。従って、BCN30は、図21を参照して以下に簡単に述べるだけとする。

【0043】図21は、互いに平行に整列された分割器及び合成器の層60及び62の代表的なサブセクションを示す。分割器層60は、共通の平面(一般的に多面体破線59で示された)内の分割回路トレースにわたって分布された複数の分割素子63A-63Hを備えている。各分割素子63A-63Hは、それに対応する有効到達信号を付与する入力リード32(図10)の1つに独特に接続された入力端子65A-65Hを備えている。入力リード32は、チャネルライザ12から有効到達信号を受け取る図15のビームポート26に対応する。各分割素子63A-63Hは、リードトレース66を経て入力端子65A-65Hに接続された複数の出力端子67A<sub>1</sub>-67A<sub>7</sub>、67B<sub>1</sub>-67B<sub>7</sub>等を含む。例えば、各分割素子63は、リード66を経て相互接続された複数の2方分割器72を含む。入力端子に受け取られる有効到達信号は、予め定められた数の成分(出力端子の数に等しい)に分割される。

【0044】各成分の振幅は、到来する有効到達信号の振幅に比例する。成分の振幅の相互関係は、リード66及び2方分割器72の構成に基づく。又、各成分の振幅は、リード66の厚み又はサイズに基づく。例えば、入力端子65Aに送られる有効到達信号Aは、第1の分割器72Aにおいて半分に分割され、信号Aの第1の半分は、第1の出力端子67A<sub>1</sub>へ送られ、そして信号Aの残りの半分は、残りの出力端子67A<sub>2</sub>-67A<sub>7</sub>間に分配される。従って、リード66の厚み及び構成を変えることにより、分割素子63Aは、出力成分信号A<sub>1</sub>-A<sub>7</sub>に重み付け係数を誘起し、所望の出力端子が互いに異なる振幅及び/又は位相成分を発生するようにする。例えば、出力端子67A<sub>1</sub>、67A<sub>2</sub>及び67A<sub>3</sub>は、端子65Aの到来有効到達信号Aの50%、30%及び20%に等しい振幅を有する出力成分信号A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>及

び $A_3$ を発生する。出力端子 $67A_1-67A_7$ 間の重み付け係数は、所望の通りに調整される。一般的な場合には、重み付け係数は、所望の通りに調整された振幅及び位相の両方を含む。

【0045】出力端子67は、独特の対応成分信号を合成器層62に付与する。合成器層62は、共通の平面（一般に多面体の線61で示す）内の合成回路トレースに沿って分布された複数の合成素子68を備えている。各合成素子68T-68Zは、多数の入力端子69T<sub>1</sub>-69T<sub>7</sub>、69U<sub>1</sub>-69U<sub>7</sub>、・・・69Z<sub>1</sub>-69Z<sub>7</sub>と、単一の出力端子70T-70Zとを備えている。合成素子68T-68Zは、入力端子からの到来成分信号を収集し、そして「シングレット」信号と称する累積又は集合信号を出力する。各シングレット信号は、多数の成分信号を含む。

【0046】上記特許出願に説明されたように、合成素子及び分割素子63A-63G及び68T-68Zは、平行な平面内でクラスター化され、即ちグループ編成され、分割器の出力端子が、それに隣接配置された合成器の入力端子に接続されるようにする。例えば、図示された合成素子は、68T-68Zと示されており、有効到達信号Aの成分信号 $A_1-A_7$ を受け取る。分割器63Aの出力端子 $67A_1-67A_7$ は、合成素子68T-68Zの入力端子69T<sub>1</sub>-69Z<sub>7</sub>に各々接続される。合成素子68T-68Zは、7つの独特のシングレット信号T-Zを個別に発生し、その各々は、有効到達ビーム信号Aの対応する成分信号( $A_1-A_7$ )を含む。ここでは詳細に述べないが、各合成素子68T-68Zは、多数の分割素子から成分信号を受け取ることを理解されたい。例えば、合成素子68Tは、クラスター化された7つの隣接分割器63A-63Gから成分信号 $A_1$ 、 $B_5$ 、 $C_6$ 、 $D_7$ 、 $E_2$ 、 $F_3$ 及び $G_4$ を受け取る。同様に、合成素子68Xは成分信号 $A_5$ 、 $D_8$ 、 $E_1$ 及び $F_4$ を各々受け取る。合成素子68Xは、分割素子の隣接素子63D-63F（図21には示さず）から3つの付加的な成分信号を受け取る。この例では、合成素子68Tは、分割素子63A-63Gの各々から1つの成分信号（例えば、成分信号 $A_1$ 、 $B_5$ 、 $C_6$ 、 $D_7$ 、 $E_2$ 、 $F_3$ 及び $G_4$ ）を含むシングレット信号Tを出力する。シングレット信号は、BFM28のシングレットリード33及び入力リード38を励起する。

【0047】上記したように、BFM28及びDRA16は、六角形レイアウトを有する速フィールド領域にシングレットビームレイアウト50を発生するよう協働する。各シングレットビーム52は、シングレットリード33の1つにおける対応シングレット信号と1対1の関係を保持する。図13及び14は、シングレットリード33とシングレットビーム52との間の相互関係を示している。

【0048】次いで、図18に示す円形の有効到達ビー

ムレイアウト100を形成するようにシングレットビーム52を再指向及び重み付けする本発明の方法について説明する。この場合に、同心円80、82、84及び86に沿って有効到達ビーム104が分布される。各有効到達ビーム104は、ビームポート26における有効到達信号の1つに独特に対応している。本発明のシステムは、有効到達ビーム104をプッシュアウト重み付け構成（図18の整列を達成する）及びプルイン重み付け構成（図20の整列を達成する）により円形に整列させる。これらプッシュアウト及びプルイン構成は、以下に述べるように、各有効到達ビーム信号の成分の重み付けによりBCN30内において実施される。

【0049】図16は、入力リード32のサブセクション66（図10）を示す。入力リード32は、チャンネルライザ12から有効到達信号を受け取る。有効到達信号は、図18の有効到達ビームレイアウト100を形成する。入力リード32及び有効到達ビーム104は、例えば、リード#4、#2及び#11を励起するのに使用される有効到達信号A、H及びKがビーム位置#4、#2及び#11に各々有効到達ビームA、H及びKを誘起することを示すために、同様に番号付けされている。

【0050】図17は、BFM28を励起するのに使用されるシングレットリード33のサブセクション64を示している。図21に関連して説明したように、シングレットリードのクラスターは、有効到達ビーム信号の成分を受け取る。好ましい実施形態では、分割器層60が有効到達ビーム信号Aを7つの成分信号 $A_1-A_7$ に分割すると、これらの成分信号 $A_1-A_7$ は、合成器層62内の対応する合成器68T-68Zに付与される。合成器68T-68Zは、成分信号 $A_1-A_7$ をシングレットリード#4、#3、#65、#66、#5、#10及び#9（図17）に付与する。シングレットリード#3-5、#9-10及び#65-66のグループ即ちクラスターは、図17に、 $A_{out}$ として集合的に示され、そして周波数は同じであるが振幅及び位相の異なる成分信号 $A_1-A_7$ を出力する。これら成分信号 $A_1-A_7$ を含むシングレットリードのクラスター $A_{out}$ は、相互接続の長さ及び交差の数を最小にするようにグループ編成される。BFM28においては、成分 $A_1-A_7$ は、サブ信号に分割され、そしてマトリクス出力リード39を経てDRA16の全ての供給素子18に付与される。DRA16は、次いで、位置#3-5、#9-10及び#65-66にシングレットビーム52（図14）を発生する（シングレットクラスター $ACLSTR$ として全体的に示す）。シングレットビームクラスター $ACLSTR$ は、対角破線で示されている。シングレットビーム#3-5、#9-10及び#65-66の各々は、それに対応する独特の成分ビーム信号 $A_1-A_7$ を含む。これら成分ビーム信号 $A_1-A_7$ は、共通の周波数を有し、そしてBFN14に入力された有効到達信号Aに周波数及び

振幅が対応する合成有効到達ビーム  $A_{BEAM}$  (図 18) を形成するように協働する。シングレットビームクラスター  $ACLSTR$  の中心は、同心円 86 の内側のシングレットビーム #4 であるが、合成有効到達ビーム  $A_{BEAM}$  の中心は、同心円 86 の中心に合わせるよう外側にシフトされている。このシフトは、成分信号  $A_1 - A_5$  (シングレットビーム #65、#66、#5 における) の振幅を成分信号  $A_2$ 、 $A_6$  及び  $A_7$  (シングレットビーム #3、#10、#9 における) の振幅より大きくセットすることにより達成される。成分信号  $A_1 - A_7$  の振幅及び位相は、所定の重み付け係数を誘起する分割器 63A により互いに定められる。例えば、分割器 63A は、重み付け係数を変更して、出力端子 67A<sub>7</sub> (図 21) の成分信号  $A_7$  の振幅を増加し、シングレットビーム #66 の成分ビーム信号  $A_7$  の振幅を同様に増加し、そして有効到達ビーム  $A_{BEAM}$  (図 18) をシングレットクラスター  $ACLSTR$  (図 14) の中心に対して外側に更にシフトすることができる。

【0051】第2の例として、有効到達ビーム  $H_{BEAM}$  (図 18) を、同心円 86 の中心に合わせるまでシフトしそして再指向するプロセスについて説明する。有効到達ビーム  $H_{BEAM}$  は、チャネライザ 12 (図 15) により発生された有効到達信号  $H$  に対応する。この有効到達信号  $H$  は、BCN30 の入力リード #2 (図 16) に付与される。これに応答して、分割器層 60 内の対応分割素子 (図 21 の 63H) が有効到達信号  $H$  を成分信号  $H_1 - H_7$  に分割し、そして成分信号  $H_1 - H_7$  を合成器層 62 内の対応分割器に付与する。図 21 を参照すれば、合成素子 68U は、分割素子 63H の出力端子 67H<sub>5</sub> から入力端子 69U<sub>2</sub> に成分信号  $H_5$  を受け取る。合成素子 68U は、成分信号  $A_2$  及び  $H_5$  をグループ編成し (端子 69U<sub>1</sub>、69U<sub>3</sub> - 69U<sub>4</sub> 及び 69U<sub>6</sub> - 69U<sub>7</sub> に受け取られる他の 5 つの成分信号と共に)、シングレットリード #3 に出力されるシングレット信号を形成する (図 17)。

【0052】同様に、合成器は、成分信号  $H_1 - H_7$  (共通の周波数の) を出力し、これは対応するシングレットリード (図 17 に  $H_{OUT}$  と示された #2、#1、#63、#64、#3、#8 及び #7) を励起する。成分信号  $H_1 - H_7$  は、BFN28 を励起し、サブ信号に分割され、BFN28 全体に分配され、そして供給素子 18 に付与される。DRA16 は、次いで、供給ビームを発生し、この供給ビームは、シングレットビーム #1 - 3、#7、#8、#63 及び #64 (図 14 においてビームクラスター  $H_{CLSTR}$  と全体的に呼称される) を形成するように協働する。シングレットクラスター  $H_{CLSTR}$  のシングレットビームは、共通の周波数の有効到達ビーム  $H_{BEAM}$  (図 18) を形成するように協働する成分信号  $H_1 - H_7$  に対応する周波数を有するビーム成分を含む。シングレットクラスター  $H_{CLSTR}$  の中心は、円

86 の内側に位置するが、有効到達ビーム  $H_{BEAM}$  の中心は、円 86 の中心となるように外側にシフトされる。このシフトは、成分ビーム信号  $H_2$ 、 $H_3$  及び  $H_4$  (シングレットビーム #1、#63 及び #64 における) の振幅を成分ビーム信号  $H_5$ 、 $H_6$  及び  $H_7$  (シングレットビーム #3、#8 及び #7 における) の振幅より大きくセットすることにより行われる。成分ビーム信号  $H_1 - H_7$  の振幅は、分割素子 63H 内の所定の重み付け係数によって定められる。特に、分割素子 63H において、リードトレース 66 及び 2 方分割器 72 の厚み及び構成は、成分信号  $H_1 - H_7$  の各々が、有効到達ビーム  $H_{BEAM}$  をシングレットクラスター  $H_{CLSTR}$  の中心から外方に同心円 86 の中心にくるまで再指向するに必要な振幅を有するよう確保するために変更される。

【0053】同様のプロセスにより、有効到達ビーム  $K_{BEAM}$  (図 18) は、シングレットクラスター  $K_{CLSTR}$  (図 14) から形成されることを理解されたい。上記プロセスにより、シングレットビームは、多面体供給素子アレーから発生される。シングレットビームは、クラスター化され、そして所望の有効到達信号からの成分信号により駆動される。各クラスター内の共通の周波数の成分信号は、再指向された有効到達ビームを形成するように互いに振幅及び位相が変更される。有効到達ビームの中心は、シングレットクラスターの中心から外方にシフトされ、有効到達ビームが同心円に沿って整列された有効到達ビームパターンが形成される。

【0054】上記説明においては、例示の目的で、7 つのシングレットビームが有効到達ビームを形成するように振幅が重み付けされた。一般に、有効到達ビームは、振幅及び位相の両方の重みをもついかなる数のシングレットビームでも形成することができる。

【0055】上記のように、BFN14 は、有効到達信号と供給信号との間に重み付けされたマッピング関係を形成する。

【0056】図 19 及び 20 は、ブルイン重み付けルーチンがシングレットビームパターン 200 を有効到達エリア 102 に変換するような別の実施形態を示す。シングレットビームパターン 200 は、供給素子の同様の多面体アレーから多面体レイアウトで形成された複数のシングレットビーム 202 を含む。BCN30 は、成分信号  $M_1 - M_7$  (ビーム #4 - 5、#10 - 11 及び #66 - 68)、 $N_1 - N_7$  (ビーム #1 - 2、#6 - 8 及び #13 - 14) 及び  $P_1 - P_7$  (ビーム #38 - 39、#45 - 47 及び #52 - 53) を搬送するシングレットビームから  $M_{CLSTR}$ 、 $N_{CLSTR}$  及び  $P_{CLSTR}$  のようなシングレットクラスターを形成する。クラスター  $M_{CLSTR}$ 、 $N_{CLSTR}$  及び  $P_{CLSTR}$  は、各々、有効到達ビーム  $M_{BEAM}$ 、 $N_{BEAM}$  及び  $P_{BEAM}$  を形成する。クラスター  $M_{CLSTR}$ 、 $N_{CLSTR}$  及び  $P_{CLSTR}$  の中心を、同心円 116、114 及び 112 の中心に合わせるように内側にシ

フトすることが望ましい。

【0057】有効到達ビーム $M_{BEAM}$  (図20)を再指向するために、成分信号 $M_3 - M_5$  (ビーム#11、#10及び#4)の振幅は、成分信号 $H_2$ 及び $H_6 - H_7$  (ビーム#68、#66及び#67)の振幅より大きくセットされる。ビーム $N_{BEAM}$ を円114の中心に合わせるために、成分信号 $N_2 - N_4$  (ビーム#8、#14及び#13)の振幅は、成分信号 $N_5 - N_7$  (ビーム#6、#1及び#2)の振幅より大きくセットされる。又、 $P_{BEAM}$ を円112の中心に合わせるために、成分信号 $P_2$ 及び $P_6 - P_7$  (ビーム#47、#38及び#39)の振幅は、成分信号 $P_3 - P_5$  (ビーム#53、#52及び#45)の振幅より大きくセットされる。シングレットクラスターを上記のように重み付けすることにより、クラスターにより形成された各有効到達ビームの中心は、同心円110-116の対応する1つに中心合わせされるまで内側にシフトされ即ち再指向される。この重み付けプロセスは、有効到達ビームを「プルイン (引き込み)」する。

【0058】好ましい実施形態は、入力及び出力マトリクス回路の $11 \times 11$ マトリクスの使用を例示したが、本発明は、この構成に限定されるものでないことを理解されたい。 $11 \times 11$ マトリクスは、61個の円形離間ビームを発生するのに使用される。しかしながら、いかなる数の円形離間ビームを使用してもよく、従って、いかなるサイズのマトリクスを使用してもよい。一般に、 $M$ 本のビームを発生するのに $N \times N$ マトリクスが使用される。一定数のビーム $M$ については、 $N$ として多数の値が考えられる。例えば、 $M$ が19、37、61又は91本のビームに等しい場合には、マトリクスは、 $7 \times 7$ 、 $9 \times 9$ 、 $11 \times 11$ 又は $13 \times 13$ 等となる。

【0059】本発明の幾つかの好ましい実施形態を詳細に説明したが、これらは単なる例示に過ぎず、本発明の範囲を何ら限定するものではない。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】アレー軸に対してある角度に向けられた8本の供給ビームから単一の有効到達ビームを形成するための一般的な直線アンテナ構成体を示すブロック図である。

【図2】隣接する列の供給ビーム間に位相シフトが導入されるように平面構成で配列された供給素子を有する一般的な二次元アンテナアレーを示すブロック図である。

【図3】多数の移相器に取り付けられた多数の入力ポートを有するアンテナアレー及びビーム形成ネットワークのブロック図である。

【図4】マトリクス回路を使用しそして入力ビームポート及び出力供給ポートの長方形アレーを有する従来の二次元ビーム形成ネットワークの斜視図である。

【図5】図4のビーム形成マトリクスに従うビームポートレイアウトの上面図である。

【図6】ビームが方形格子に形成される従来の合成有効

到達ビームパターンの上図である。

【図7】方形格子に配列された合成有効到達ビームの $3 \times 3$ マトリクスの図である。

【図8】三角形格子により構成された合成有効到達ビームパターンを示す図である。

【図9】六角形の合成有効到達ビームパターンを示す図である。

【図10】本発明によるビーム形成ネットワークを示す図である。

10 【図11】本発明による供給ポートレイアウトの上面図である。

【図12】図11の供給ポートレイアウトにより駆動される供給素子レイアウトを示す図である。

【図13】本発明によるシングレットリードレイアウトを示す図である。

【図14】図13のシングレットリードレイアウトに関連して発生されるシングレットビーム構成を示す図である。

20 【図15】本発明によるアンテナシステムのブロック図である。

【図16】ビーム接続ネットワークへ入力されるビームポートレイアウトのサブセクションを示す図である。

【図17】ビーム接続ネットワークにより出力されるシングレットリードレイアウトのサブセクションを示す図である。

【図18】「プッシュアウト」重み付け構成に関連して本発明により形成される円形有効到達ビームレイアウトを示す図である。

30 【図19】本発明によるシングレットビームレイアウトを示す図である。

【図20】「プッシュイン」重み付け構成に関連して本発明により形成される円形有効到達ビームレイアウトを示す図である。

【図21】ビーム接続ネットワークのサブセクションを示す斜視図である。

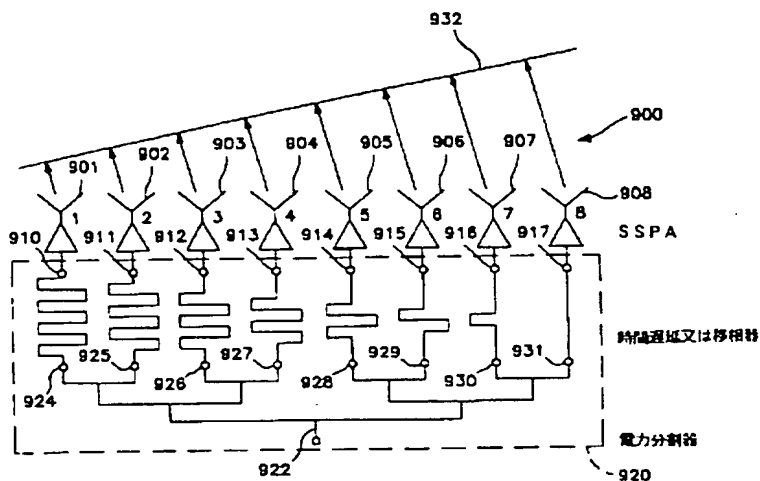
#### 【符号の説明】

- 10 アンテナシステム
- 12 チャンネライザ
- 14 ビーム形成ネットワーク (BFN)
- 16 直接放射アレー (DRA)
- 18 供給素子
- 20 フィルタ
- 22 増幅器
- 24 供給ポート
- 26 ビームポート
- 28 ビーム形成マトリクス (BFM)
- 30 ビーム接続ネットワーク (BCN)
- 33 シングレットリード
- 38 入力リード
- 50 39 出力リード

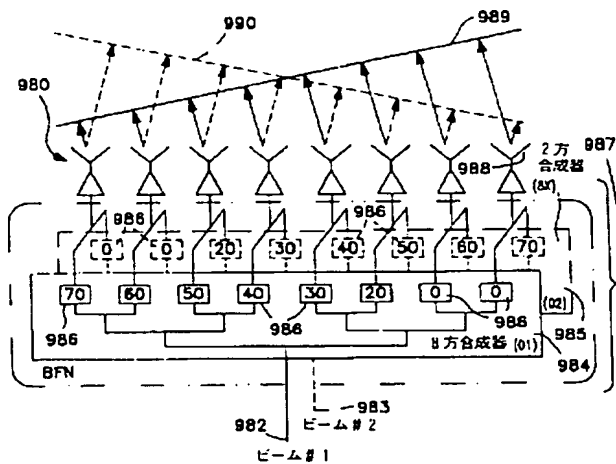
21

- 50 シングレットビームレイアウト  
 52 シングレットビーム  
 60 分割器層  
 62 合成器層

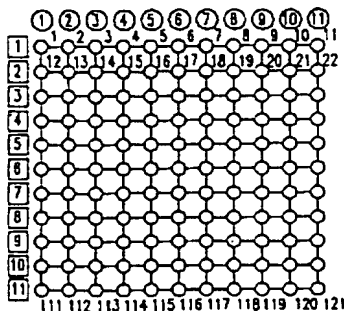
【図1】



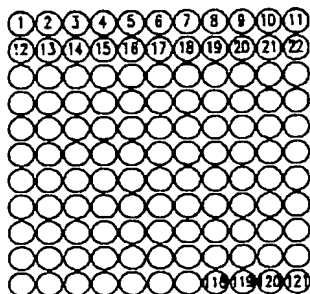
【図3】



【図5】



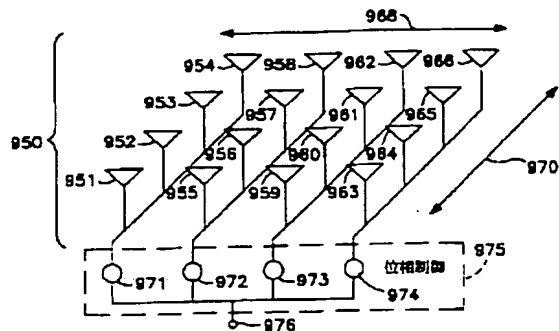
【図6】



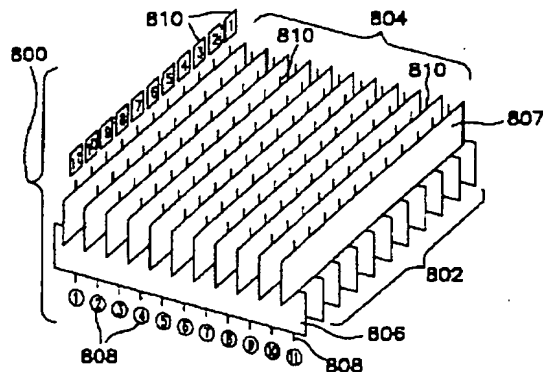
22

- 66 リードトレース  
 72 2方分割器  
 100、102 有効到達エリア  
 104、106 有効到達ビーム

【図2】

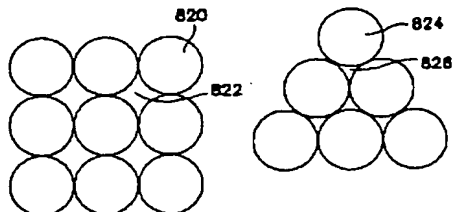


【図4】

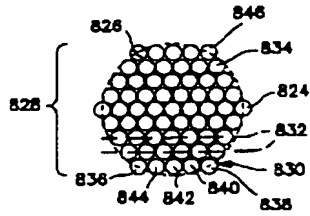


【図7】

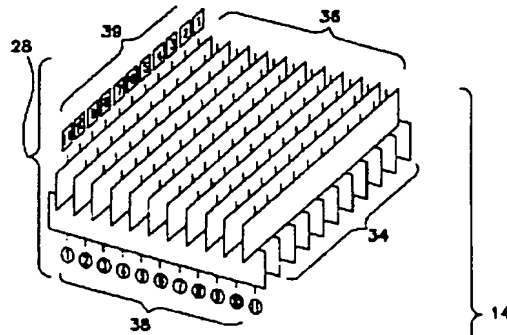
【図8】



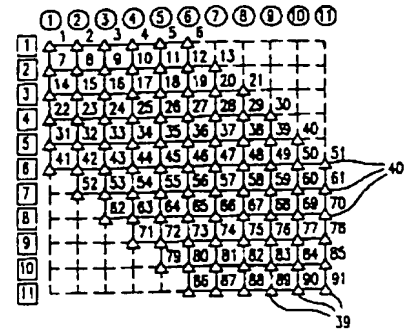
【図 9】



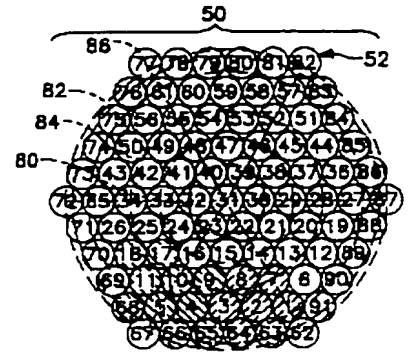
【図 10】



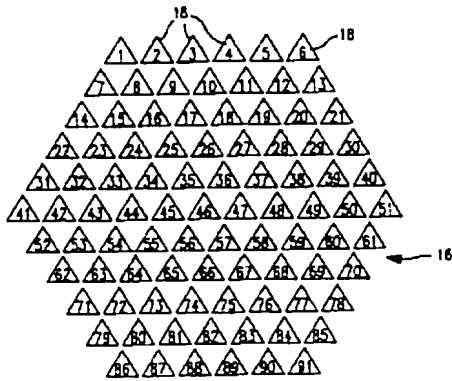
【図 11】



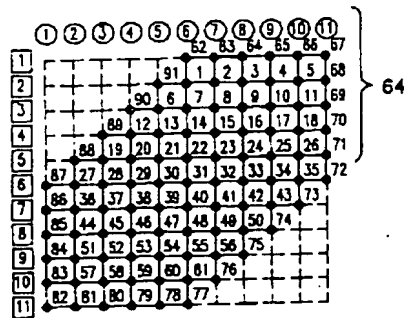
【図 14】



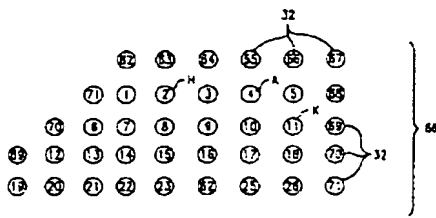
【図 12】



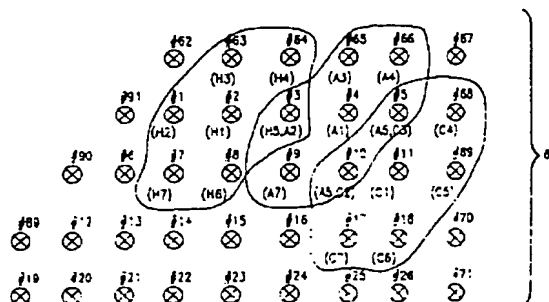
【図 13】



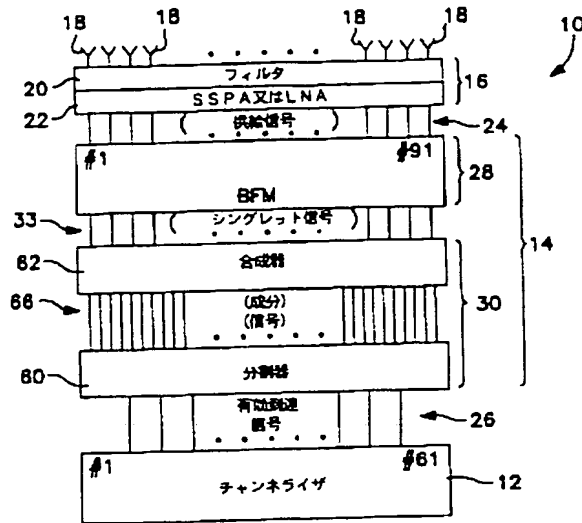
【図 16】



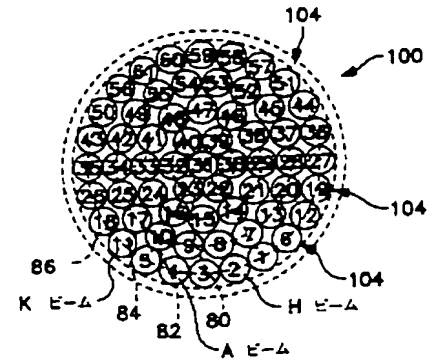
【図 17】



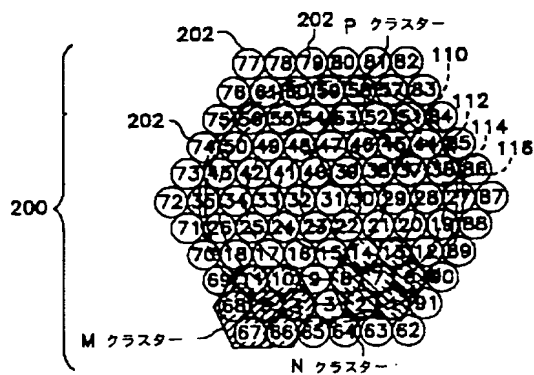
【図 15】



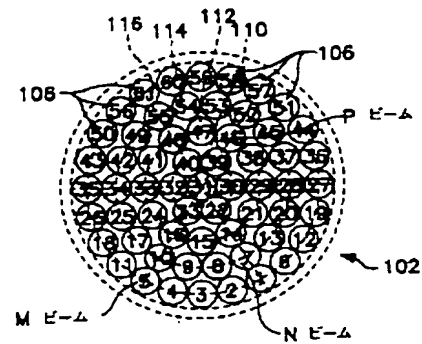
【図 18】



【図 19】



【図 20】



(72)発明者 マーティン メルニック  
アメリカ合衆国 カリフォルニア州  
90725 ランチョー パロス ヴァーデス  
ヴィア ラ クレスタ 30845